

# 유비쿼터스 환경에서의 효율적인 다자간 VoIP의 설계 및 구현

성 동 수<sup>†</sup> · 이 성 민<sup>††</sup>

## 요 약

유비쿼터스 환경은 시간과 공간의 제약 없이, 언제 어떤 곳에서건 자신이 원하는 통신 및 컴퓨팅 서비스를 제공받을 수 있는 환경 구축을 목표로 한다. 다자간 VoIP 기술은 유비쿼터스 환경에서의 다양한 서비스를 위한 기본 기술 중의 하나이다. 본 논문에서는 유비쿼터스 환경에서 효율적인 다자간 VoIP를 위하여 다양한 회의 모델들을 분석하고, 그들 중 단말혼합 방법이 왜 적절한가를 설명한다. 이러한 단말 혼합 방법을 유비쿼터스 환경에 적용하는데 장점과 더불어 문제점도 있으며, 이러한 문제점들을 해결하기 위한 방안들을 제시한다.

키워드 : VoIP, UFC, 다자간 회의, 유비쿼터스 환경, SIP, 단말혼합 방법

## Design and Implementation of a Multipoint VoIP in Ubiquitous Environment

Dong-su Seong<sup>†</sup> · Sung-min Lee<sup>††</sup>

### ABSTRACT

The ubiquitous environment allows users to communicate with others and to have access to computing service any time, any place. Multipoint VoIP is expected to be one of the leading applications in this environment. The paper compares various conference models for efficient VoIP service in ubiquitous environment and shows why the endpoint mixing model performs effectively in this environment. However, the endpoint mixing model has its own drawbacks as well and we propose solutions to solve the problems.

Key Words : VoIP, UFC, Multipoint conference, Ubiquitous environment, SIP, End-point mixing

### 1. 서 론

최근 집중적 조명을 받고 있는 유비쿼터스 컴퓨팅 환경(Ubiquitous Computing Environment)은 시간과 공간의 제약 없이, 언제 어떤 곳에서건 자신이 원하는 통신 및 컴퓨팅 서비스를 제공받을 수 있는 환경 구축을 목표로 한다. 이러한 유비쿼터스 컴퓨팅은 새로운 컴퓨터 패러다임으로 사회, 문화, 경제적 파급이 이전의 어떤 기술보다도 더욱 클 것으로 예상된다[1]. 이러한 유비쿼터스 환경에서 다자간 VoIP 기술은 유비쿼터스 환경에서의 다양한 서비스를 위한 기본 기술 중의 하나이다.

유비쿼터스 환경에서 운용되는 다자간 VoIP의 첫 번째 특성은 참가자들의 단말기가 무선 네트워크 한두 곳에 집중되어 있는 경우가 많다는 점이다. 이러한 환경에서 다자

간 회의를 위하여 회의 서버를 이용하는 경우, 서로 근거리에 위치하고 있는 회의 참가자의 무선 단말기들이 상대적으로 멀리 위치한 회의 서버를 이용하게 된다. 집중식 방법[2]으로 회의를 구성할 경우 모든 참가자의 미디어가 원거리에 있는 회의 서버에서 처리되기 때문에 회의의 형태가 비효율적이 될 수 있다. 회의 서버를 이용하여 분산식 방법[2]으로 회의를 구성할 경우 회의 참가자의 단말기들 사이에 미디어를 직접 교환하기 때문에 회의 참가자 무선 단말기들의 전력 과다 소비 문제가 발생하게 된다. 따라서, 회의 서버를 이용한 다자간 회의 보다는 회의 서버를 이용하지 않는 단말혼합 방법이 대안이 될 수 있다.

유비쿼터스 환경에서 운용되는 다자간 VoIP의 두 번째 특성은 계획된 회의보다는 계획되지 않은 회의가 주류를 이루며, 회의가 진행되는 중에 서로 다른 2개의 회의가 결합하거나 하나의 회의가 분리되는 경우가 발생할 수 있다. 회의 서버를 이용하는 경우 회의 분리 및 결합은 쉽지가 않다. 반면에 단말혼합 방법[2,3,4,5]은 2개의 회의를 쉽게 결합하고 분리할 수 있다.

\* 본 연구는 2006학년도 경기대학교 학술연구비(일반연구과제) 지원에 의하여 수행되었음

† 종신회원: 경기대학교 전자공학부 전자공학전공 교수

†† 준 회원: 경기대학교 전자공학과 박사과정

논문접수: 2007년 7월 10일, 심사완료: 2007년 9월 30일

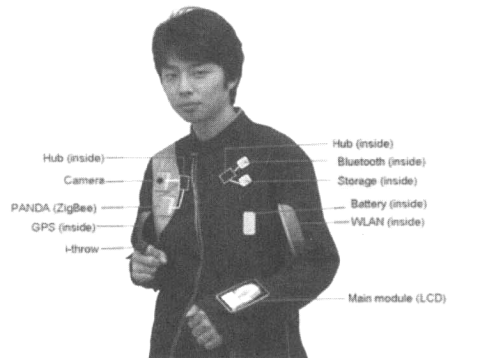
이러한 단말 혼합 방법을 유비쿼터스 환경에 적용하는데 장점과 더불어 문제점도 있음을 알 수 있다. 대표적인 문제점은 첫 번째로, 단말 혼합 방법을 이용하여 계층적 다자간 회의를 구성할 때 에코 문제가 발생할 수 있다[5]. 두 번째로 계층적 다자간 회의에서 특정 단말의 회의 이탈시 원하지 않는 회의 분리 문제가 발생할 수 있다[5]. 세 번째로, 계층적 경로를 통하여 미디어가 전달되기 때문에 미디어 교환시 지연문제가 발생한다. 네 번째로, 부모 단말기가 자식 단말기들을 많이 가지고 있으면 부모 단말기가 처리해야 할 호 제어 및 미디어 처리가 많아지기 때문에 전력 과다 문제가 발생하게 된다. 본 논문에서는 이러한 문제점들 중 세 번째와 네 번째의 문제점을 해결하기 위한 방안들을 제시한다.

본 논문에서는 첫째, 유비쿼터스 환경에서 효율적인 회의를 위하여 다양한 다자간 회의 모델들을 분석하고, 단말 혼합 방법이 왜 적절한가를 설명한다. 두 번째로, 이러한 단말 혼합 방법을 유비쿼터스 환경에 적용하는데 문제점을 살펴본다. 마지막으로 이러한 문제점들을 해결하기 위한 방안들을 제시한다.

## 2. 유비쿼터스 환경에서 효율적인 회의 방법

### 2.1 유비쿼터스 환경에서 운용되는 UFC 단말기의 소개

다양한 컴퓨팅 장치가 주변 환경에 편재되어 있는 유비쿼터스 환경에서는 주변 환경과 상호 작용하여 사용자 중심의 서비스를 빠르고 정확하게 제공하는 역할을 하는 UFC (Ubiquitous Fashionable Computer)의 개발이 핵심이며, 이를 지원할 통신 및 네트워크, 미들웨어, 응용서비스 등 광범위한 분야에 걸쳐 새로운 기술 개발이 필수적이다. 이로 인해 시간, 공간의 제약이 없는 새로운 서비스를 제공하여 인간 중심의 편리하고 풍요로운 라이프스타일의 실현을 가능케 한다. (그림 1)에 도시된 바와 같이 UFC 단말기는 음성과 영상 인식 및 반응 인터페이스, 극소소비전력과 초소형화를 통한 뛰어난 휴대성 및 착용성을 제공하고, 다양한 서비스 네트워크와의 안정적 연동 등을 통해서 유비쿼터스 환경으로의 편리한 접근을 제공하기 위하여 개발되었다[1].

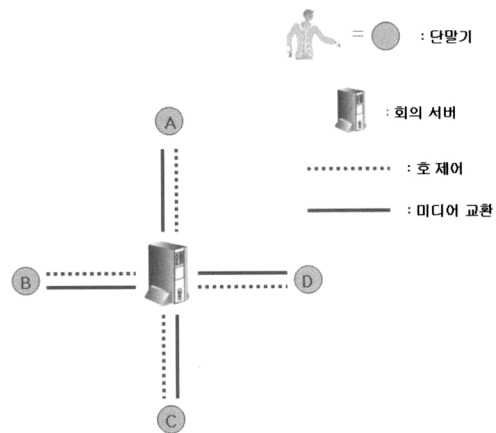


(그림 1) UFC 의복 플랫폼

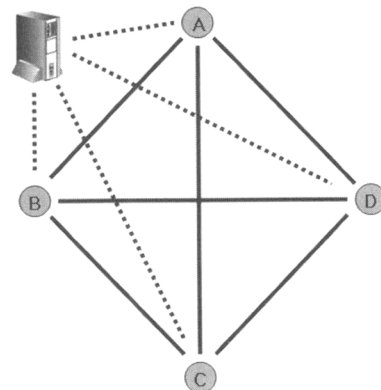
### 2.2 유비쿼터스 환경에서 운용되는 다자간 회의의 특성

UFC 단말기를 이용하여 유비쿼터스 환경에서 운용되는 다자간 회의의 특성을 살펴보면 다음과 같다. 첫째, 유비쿼터스 환경에서 운용되는 단말기는 멀티미디어 회의가 무선 네트워크 한두 곳에 집중되어 있는 경우가 많다. 예를 들어, 화재 현장에서의 회의는 화재를 진화하는 소방관들 사이의 근거리 무선 회의 또는 소방관들과 상황실 사이의 회의 형태가 대부분이며, 공사 현장에서의 인부들 사이의 회의 형태도 대부분 동일 무선 네트워크 한 곳에 집중되어 있다.

다자간 회의의 기본 모델은 회의서버를 이용하는 방법 및 회의 서버를 이용하지 않는 방법으로 구분할 수 있다. 회의서버를 이용하는 방법은 제어 및 미디어 교환 방법에 따라 집중식 회의와 분산식 회의로 구분된다. 집중식 회의는 (그림 2)에 도시한 바와 같이 모든 회의 참가자들의 호 제어 및 미디어 교환이 회의 서버를 통하여 이루어진다. 분산식 회의는 (그림 3)에 도시한 바와 같이 회의 참가자들의 호 제어는 집중식 회의와 마찬가지로 회의 서버를 통하여 이루어진다. 그러나 회의 참가자들 간의 미디어의 교환은 회의 서버를 통하지 않고 회의 참가자간에 직접 교환을 통하여 이루어진다[2].



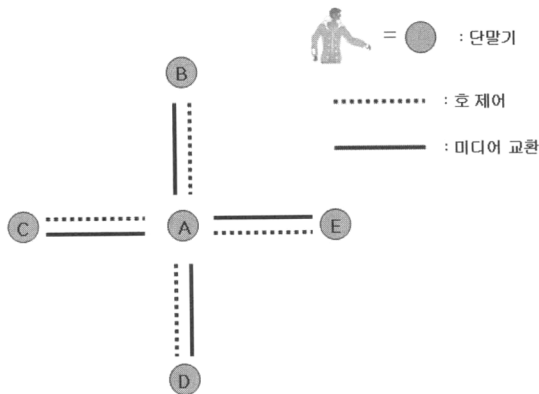
(그림 2) 집중식 회의



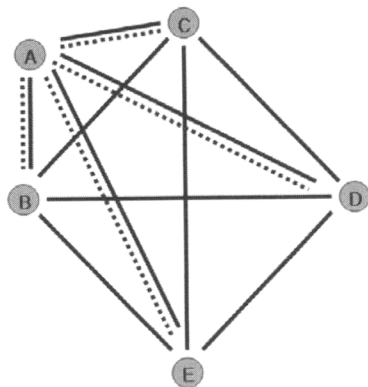
(그림 3) 분산식 회의

이러한 회의 서버는 일반적으로 원거리에 있는 유선망에 위치하고 있으며, 유비쿼터스 환경에서 운용되는 다자간 회의의 경우 서로 근거리에 위치하고 있는 회의 참가자의 무선 단말기들이 집중식 회의로 구성될 경우, 모든 회의 참가자들의 미디어 교환이 원거리에 있는 회의 서버를 통하여 이루어지기 때문에 회의의 형태가 비효율적이 될 수 있다. 회의 서버를 이용하여 분산식 회의를 구성할 경우 회의 참가자의 단말기들 사이에 미디어를 직접 교환하기 때문에 회의 참가자 무선 단말기들의 전력 과다 소비 문제가 발생하게 된다. 따라서, 회의 서버를 이용한 다자간 회의 보다는 회의 서버를 이용하지 않는 방법이 대안이 될 수 있다.

원거리에 있는 회의서버를 이용하지 않는 방법은 유사 집중식 회의, 유사 분산식 회의, 단말혼합 회의가 있다. 유사 집중식 회의는 (그림 4)와 같이 모든 회의 참가자들의 호제어 및 미디어 교환이 대표 참가자 단말기를 통하여 이루어진다[3]. 이 경우 대표 단말기로 미디어 정보가 집중되기 때문에 대표 단말기의 자원 부족 문제가 발생할 수 있다. 이 경우 대표 단말기는 주어진 작업 (예: 미디어압축, 미디어복원, 미디어혼합 등)을 원하는 시간에 수행하지 못하는 경우가 발생할 수도 있으며, 전력 과다 소비 문제가 발생하게 될 수도 있다. 유사 분산식 회의는 (그림 5)와 같이 회의 참가자들의 호제어는 유사 집중식 회의와 마찬가지로



(그림 4) 유사 집중식 회의

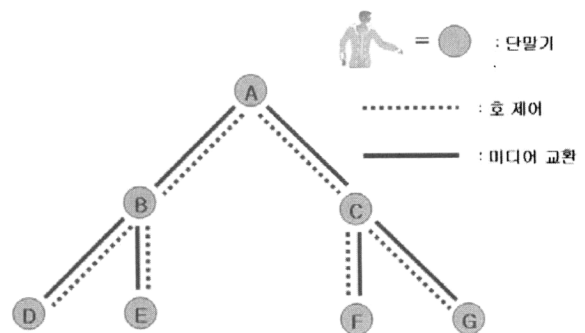


(그림 5) 유사 분산식 회의

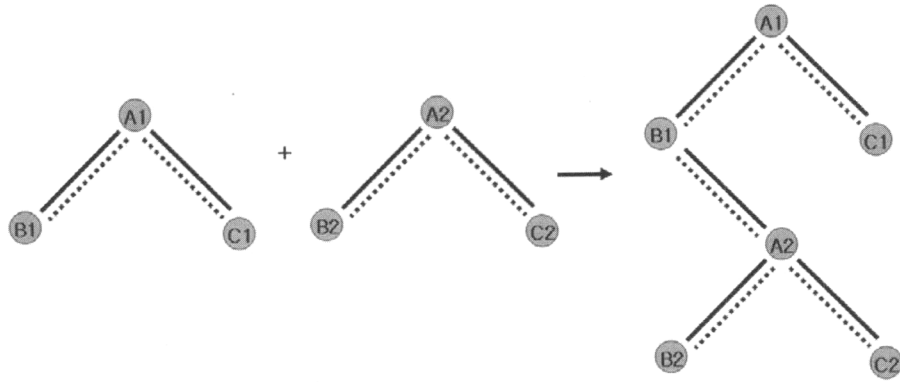
지로 대표 단말기를 통하여 이루어진다. 그러나 회의 참가자들 간의 미디어의 교환은 대표 단말기를 통하지 않고 회의 참가자간에 직접 교환을 통하여 이루어진다. 이 경우 회의 참가 단말기들 사이에 미디어를 직접 교환하기 때문에 회의 참가 무선 단말기들의 전력 과다 소비 문제가 발생하게 된다.

따라서 회의에 참가하는 사용자에게 비례하여 대표 단말기의 복잡도가 증가하는 유사 집중식 회의나, 참가 단말기들의 복잡도가 증가하는 유사 분산식 회의보다 단말혼합 회의 방법이 대안이 될 수 있다. 단말혼합 방법은 (그림 6)과 같이 자식 단말기들의 호제어 및 미디어 교환이 부모 단말기를 통하여 이루어진다는 점에서는 유사 집중식 방식과 비슷하지만, 회의를 계층적으로 구성하기 때문에 대표 단말기가 회의에 참가하는 모든 단말기들의 호제어 및 미디어 처리를 책임지지 않는다[2,3,4,5]. 즉, 부모 단말기는 자식 단말기들의 호제어와 미디어 처리만을 책임진다. 단말 혼합 방법은 계층적 회의를 통하여 미디어 처리 및 통신 처리량이 분산되기 때문에 특정 단말기의 전력 과다 소비 문제를 자연스럽게 해결할 수 있다. (그림 6)의 단말혼합에 의한 회의에서 단말기 D의 요청에 의하여 단말기 B로 연결이 되면, 연결을 요청한 단말기 D가 단말기 B의 자식 단말기가 되며, 연결을 허락한 단말기 B가 단말기 D의 부모 단말기가 된다. 단말 혼합 방법에 의하여 (그림 6)과 같이 계층적 회의가 만들어 지면, 단말기 A와 같이 부모 단말기는 없고 자식 단말기만 있는 단말기가 있는데 이를 대표 단말기라고 정의한다. 이와는 반대로 (그림 6)의 D, E, F, G와 같이 자식 단말기가 없는 단말기를 종단 단말기라고 정의한다. 대표 단말기와 종단 단말기 들을 제외한 나머지 단말기들은 부모 단말기와 자식 단말기를 가지고 있다.

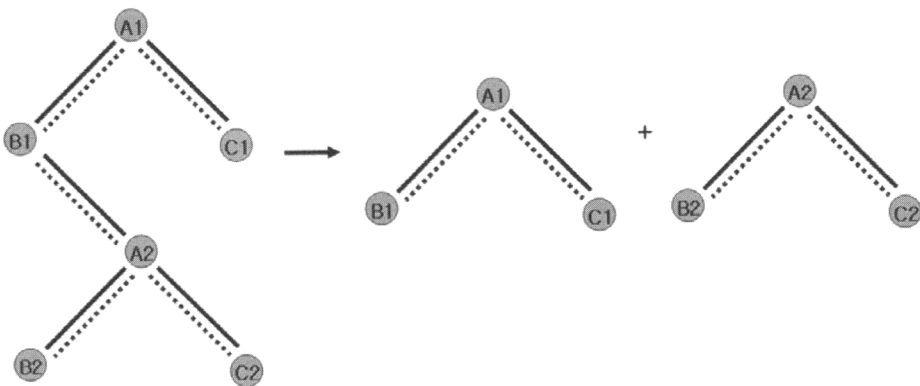
유비쿼터스 환경에서 운용되는 다자간 회의의 두 번째 특성은 계획된 회의보다는 계획되지 않은 회의가 주류를 이루며, 회의가 진행되는 중에 서로 다른 2개의 회의가 결합하거나 하나의 회의가 분리되는 경우가 발생할 수 있다. 집중식 회의는 모든 회의 참가자들의 호제어 및 미디어 교환이 회의 서버를 통하여 이루어지기 때문에 회의 용량에 따라 회의 개설에 제약이 있을 수 있다. 일반적으로 회의



(그림 6) 단말혼합에 의한 회의



(그림 7) 2개 회의의 결합 예



(그림 8) 2개의 회의로 분리 예

서버는 그 용량이 한정되어 있기 때문에, 회의 서버에서 처리하는 단말의 수가 많으면 새로운 회의의 개설은 힘들어진다. 따라서, 집중식 회의는 계획된 회의에 적합하며, 계획되지 않는 회의의 경우 회의서버의 용량 때문에 새로운 회의의 개설이 힘든 경우, 여유 회의서버를 빨리 찾는 과정이 추가적으로 필요하다. 또한 회의 수행 중 새로운 사용자가 회의에 참가를 원할 때, 현재 회의서버가 다수의 회의를 관장하고 있어 자원의 여유가 없는 경우 새로운 사용자를 수용하지 못하는 경우가 발생할 수도 있다. 이런 경우 새로운 사용자는 진행 중인 회의에 참가할 수가 없다. 이런 경우 새로운 회의서버로 회의 전체가 이동하거나 회의서버간의 결합을 통하여 해결 가능하지만 그 과정에 많은 비용이 발생하게 된다. 반면, 단말 혼합 방식을 이용할 경우 회의의 개설은 자유로우며, 단말기의 계층적 운용을 통하여 많은 수의 참가자도 하나의 회의에 참여할 수가 있다.

유비쿼터스 환경에서 회의가 진행되는 도중에 서로 다른 2개의 회의가 결합하거나 하나의 회의가 분리되는 경우의 예는, 공사 현장에서 인부들의 회의 도중 감독관 및 본사의 회의와 결합하는 경우 등이 이에 해당된다. 또한 공사 현장의 회의와 본사의 회의가 하나로 운용되다가 2개의 회의로 분리될 수도 있다. 2개의 회의(회의1, 회의2)를 하나의 회의로 결합하는 경우, 회의 서버를 이용하여 집중식

또는 분산식 회의를 운용하고 있다면, 2개의 회의 중 하나의 회의(회의2)를 종료하고, 종료한 회의(회의2)의 참가자들은 종료하지 않은 나머지 회의(회의1)에 참석해야 한다. 또한, 하나의 회의를 2개의 회의(회의1, 회의2)로 분리하는 경우, 회의 서버를 이용하여 집중식 또는 분산식 회의를 운용하고 있다면, 회의2에 소속될 참가자들은 현재의 회의를 탈퇴하고 새로운 회의를 개설한 다음 가입해야 한다.

반면에 단말혼합 방법은 2개의 회의(회의1, 회의2)를 쉽게 결합할 수 있다. 그 이유는 단말혼합에 의한 회의는 일반적으로 계층적 회의로 구성된다. 이러한 계층적 회의는 트리형태이며, 2개의 계층적 회의를 하나의 계층적 회의로 결합하는 것은 2개의 트리를 하나의 트리로 결합하는 것과 같다. 2개의 트리를 하나의 트리로 결합하는 방법 중 가장 간단한 방법은 (그림 7)에 도시한 바와 같이 한 트리의 대표 노드가 다른 트리 내 임의의 노드의 자식노드로 연결되면 된다. 따라서 회의2의 대표 단말기가 회의1의 임의의 단말기에 연결되면 통합된 하나의 회의가 만들어진다.

또한, 단말혼합 방법을 이용한 회의에서, 1개의 회의는 2개의 회의(회의1, 회의2)로 쉽게 분리될 수 있다. 하나의 계층적 회의를 2개의 계층적 회의로 분리하는 것은 1개의 트리를 2개의 트리로 분리하는 것과 같다. 유비쿼터스 환경에서 필요에 의하여 2개의 회의가 1개의 회의로 결합한

다음, 목적 달성 후 다시 2개의 회의로 분리되는 경우가 일반적이다. 따라서 1개의 회의를 2개의 회의(회의1, 회의2)로 분리하기 위하여 (그림 8)에 도시한 바와 같이 결합되기 전 회의2의 대표 단말기였던 노드 A2가 현재 회의의 부모 단말기와 연결을 해제하면 된다. 이를 통하여 1개의 회의는 2개의 회의(회의1, 회의2)로 쉽게 분할된다.

### 3. 유비쿼터스 환경에서 단말혼합방법의 문제점

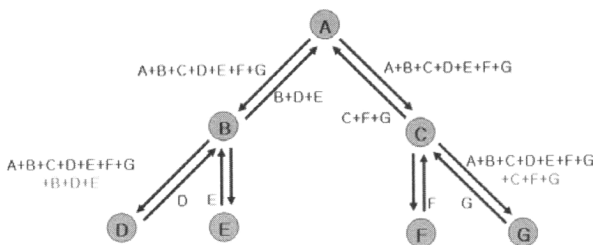
#### 3.1 계층적 다자간 회의에서 미디어 중복수신 문제

단말 혼합 방법을 이용하여 계층적 다자간 회의를 구성할 때 예외 문제가 발생할 수 있다. 미디어 혼합을 담당하는 단말기의 미디어처리부가 수신되는 모든 미디어 정보들을 혼합하여 전송하는 구조를 가지고 있다면 이 혼합된 미디어 정보를 수신하는 자식 단말기는 혼합된 미디어 정보값에 자신이 전송한 미디어 정보가 포함되어 있다. (그림 9)에 도시한 바와 같이 계층적 다자간 회의에서는 이러한 현상이 중첩되어 자신의 미디어뿐만 아니라 다른 단말기의 미디어도 중복해서 수신하게 되는 심각한 현상이 발생되게 된다[5].

(그림 9)에서 각 단말기의 화살표 입력은 상대 단말기로부터 입력되는 미디어 정보이며 화살표 출력은 상대 단말기에게 출력되는 미디어 정보 값이다. (그림 9)의 예에 도시된 바와 같이 같은 정보를 중복해서 받는 예외 현상이 발생함을 알 수 있다. 예를 들어 단말기 D의 경우 단말기 B로부터 전달받은 값에 B, D, E의 값이 중복해서 있음을 알 수 있다. 위의 예는 초기 상태에서의 미디어 중복이며 회의가 진행되면 중복상태가 더 심해지게 된다.

#### 3.2 계층적 다자간 회의에서 회의분리 문제

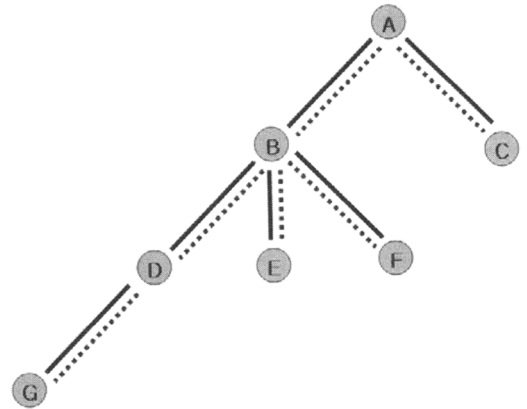
계층적 다자간 회의에서 특정 단말의 회의 이탈 시 원하지 않는 회의 분리 문제가 발생할 수 있다. 즉, 미디어 혼합기능을 수행 중인 단말기가 회의를 떠날 때 그 단말기를 통하여 연결 되어진 단말기들이 서로 분리되어 전체 회의가 분리된다는 점이다. 예를 들어 (그림 9)에서 단말기 A가 회의를 떠나면 (그림 10)과 같이 단말기 A를 통하여 간접 연결되어진 단말기 B, C의 연결 구조도 끊어지기 때문에 전체회의는 2개로 분리되게 된다[5].



(그림 9) 미디어 중복수신 문제



(그림 10) 회의분리 문제



(그림 11) 미디어 지연 및 자원 부족 문제

#### 3.3 계층적 다자간 회의에서 미디어 지연 문제 및 단말기의 자원 부족 문제

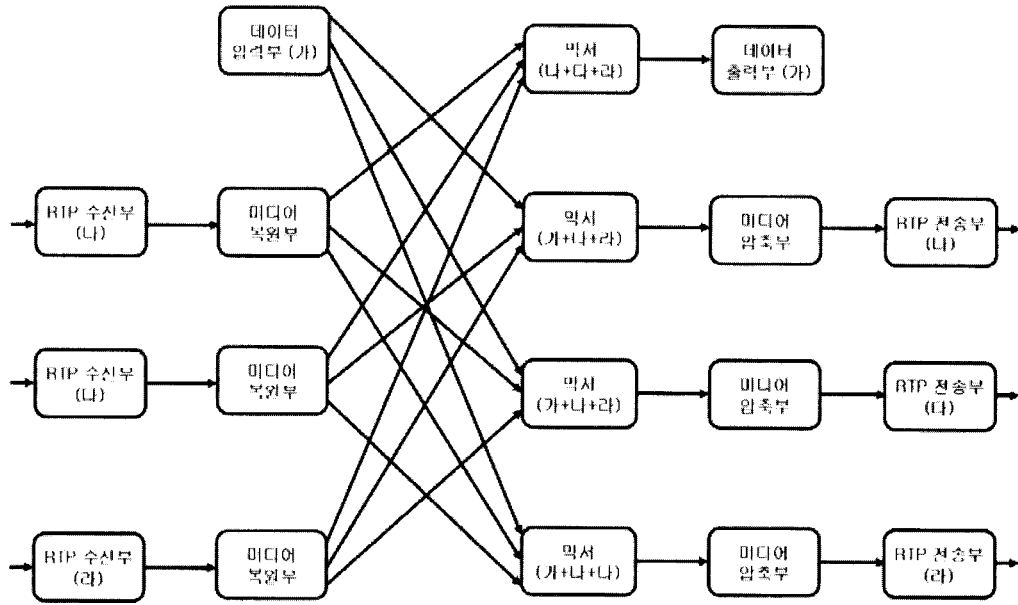
계층적 다자간 회의에서 단말기간의 미디어 교환은 (그림 11)과 같이 계층적 경로를 통하여 이루어지기 때문에 지연문제가 발생한다. 예를 들어 단말기 G와 단말기 C의 미디어 교환을 위하여 단말기 D, B, A를 경유해야 한다.

단말기가 이웃 단말기들을 많이 가지고 있으면 단말기가 처리해야할 미디어 처리가 많아지기 때문에 자원 부족 현상이 발생할 수 있으며, 대표적으로 전력 과다 소비 문제가 발생하게 된다. (그림 11)의 경우에서 단말기 B는 이웃 단말기의 수가 가장 많으며 이 경우 소비전력은 다른 단말기에 비하여 많이 소비하게 된다. 유비쿼터스 환경에서 단말기는 무선 환경에서 사용되며, 소비전력이 많아지게 되면 사용시간이 적어지게 된다.

### 4. 단말혼합방법의 문제점 해결방안

#### 4.1 계층적 다자간 VoIP에서 미디어 중복수신 문제 해결 방안

미디어 중복수신 문제를 해결하기 위하여 부모 단말기의 미디어 처리부는 각각의 자식 단말기로부터의 전송 받은 미디어 정보 및 자신의 미디어 정보를 예코가 발생되지 않도록 선택적으로 혼합하여 각각의 결과를 해당되는 단말기(자신 또는 자식 단말기)에게 전송해야 한다. (그림 12)은 3개의 이웃노드들로부터 선택적 혼합기능을 가진 미디어 처리부의 구조[5]이며, (그림 13)은 미디어 중복수신 문

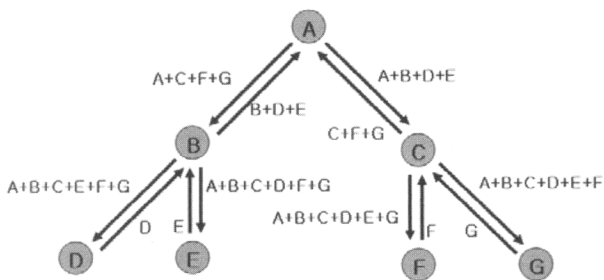


(그림 12) 선택적 혼합기능을 가진 미디어 처리부의 구조[5]

제가 해결된 계층적 다자간 회의의 예이다. 각 단말기의 화상표 입력은 상대 단말기로부터 입력되는 미디어 정보이며 화상표 출력은 상대 단말기에게 출력되는 미디어 정보 값이다. 예를 들어 단말기 A는 단말기 B로부터 B+D+E 정보를 (B의 미디어 정보, D의 미디어 정보, 및 E의 미디어 정보를 합성한 값) 전달 받고 단말기 B에게 A+C+F+G 미디어 정보를 전달한다. (그림 13)에 도시한 바와 같이 정보를 중복해서 받는 에코 현상이 없음을 알 수 있다[5]. 예를 들어 단말기 D의 경우 B로부터 입력되는 값에 중복해서 전달 받는 미디어 정보가 없음을 알 수 있다.

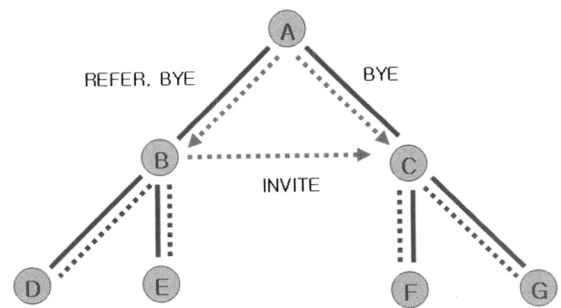
이 방법을 적용하면 구현이 복잡해진다는 단점이 있는 반면에 음성의 경우 혼합된 목소리에 자신의 목소리가 포함되지 않는 장점을 가지고 있다. 예를 들어 단말기 D는 자신의 음성 D를 전송하지만 상대 단말인 B에 의하여 전달 받는 음성은 모든 단말기들의 음성들을 혼합한 음성이다. 즉, 자신의 음성인 D를 제외한 나머지 참가자들의 혼합음성을 전달 받게 된다.

4.2 계층적 다자간 회의에서 회의분리 문제 해결 방안  
단말혼합 방법을 이용한 계층적 회의에서 미디어 혼합

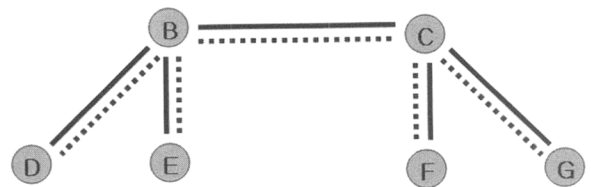


(그림 13) 미디어 중복수신 문제가 해결된 계층적 회의

을 담당하는 회의 참가자의 탈퇴 시 회의가 분리되는 것을 방지하기 위하여 종료(BYE) 명령어 전 또는 후에 지시(REFER) 명령어를 이용하면 된다[5]. 계층적 다자간 회의의 경우에도 이 방법을 이용하면 미디어 혼합기능을 수행 중인 단말기가 회의를 떠날 때 전체 회의가 분리되지 않는다. 예를 들어 (그림 14)에서 참가자 A가 회의를 탈퇴 시 단말기 A는 단말기 B에게 지시 명령어를 이용하여 단말기 C로의 연결을 요청한다. 이를 이용하면 참가자 A가 회의를 탈퇴한다 할지라도 (그림 15)에 도시한 바와 같이 참가자 B, C는 새로운 연결에 의하여 계속 회의를 진행할 수 있다.



(그림 14) 회의 분리 방지 방안[5]



(그림 15) 새로운 계층적 회의의 구성

4.3 계층적 다자간 회의에서 미디어 지연 문제 및 단말기의 자원 부족 문제 해결 방안

계층적 경로를 통하여 미디어가 전달되기 때문에 미디어 교환 시 지연문제가 발생하며, 이를 해결하기 위하여 전달 경로의 수를 최소화 하도록 계층적 회의를 구성해야 한다. 이러한 조건을 만족하기 위하여 부모 노드 아래에 가능한 많은 자식 노드를 수용하여 트리의 깊이가 최소화 되게 계층적 회의를 구성해야 한다.

반면에, 단말기가 이웃 단말기(부모단말기, 자식단말기)들을 많이 가지고 있으면 단말기가 처리해야할 미디어 처리가 많아지기 때문에 자원 부족 현상이 발생할 수 있다. 대표적으로, 주어진 작업 (예: 미디어압축, 미디어복원, 미디어혼합 등)을 원하는 시간에 수행하지 못하는 경우가 발생할 수도 있으며, 전력 과다 소비 문제가 발생하게 될 수도 있다. 이를 해결하기 위하여 부모 단말기의 자원(CPU의 속도, 메모리 용량, 잔여 전력용량)의 현재 상태에 따라서 단말기가 가질 수 있는 자식 단말기의 수를 제한해야 한다. 부모 단말기는 자신의 능력에 따라 연결을 요청하는 단말기를 허락 또는 거절해야 한다.

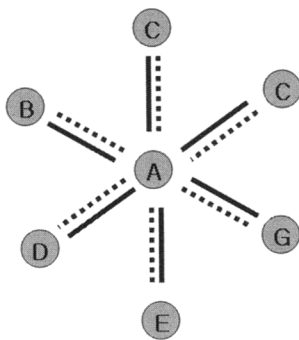
미디어 지연을 최소화하기 위해서는 부모 노드 아래에 가능한 많은 자식 노드를 수용하여 (그림 16)과 같이 트리의 깊이를 적게 해야 하며, 단말기의 자원 부족 현상을 방지하기 위해서는 (그림 17)과 같이 가능한 자식 노드의 수를 줄여서 이웃 노드들의 수를 적게 가지도록 해야 한다. 미디어 지연을 최소화 방안과 단말기의 자원 부족 최소화 방안은 서로 상충됨을 알 수 있으며, 이를 해결하기 위하여 트리의 깊이를 최소화 하면서 부모 단말기는 가능한 자식 노드의 수를 최소화해야 한다.

(그림 12)는 이웃노드가 3개일 때의 미디어 처리부이며, 단말기에 연결되는 이웃노드의 수가 4개 이상이면 미디어 처리 모듈이 (그림 12)보다 복잡하게 된다. 예를 들어 이웃노드의 수가 4개이면 4개의 음성 디코더, 4개의 음성 인코더, 5개의 혼합기, 4개의 RTP 수신부, 4개의 RTP 송신부가 필요하다. (그림 22)의 UFC 단말기를 이용하고 G729를 이용하여 실험을 한 결과 하나의 UFC 단말기에서 5개의 이웃 노드를 가지면 혼합된 음성의 품질에 문제가 발생하기 시작하였다. 이런 경우, 이웃 단말기에서 수신된 음성의

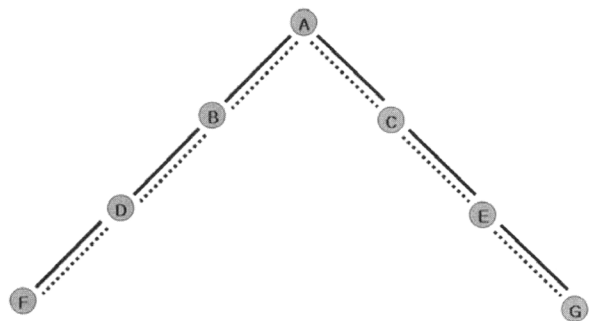
품질에 문제가 발생하기 시작함을 알았고, 이러한 문제 때문에 단말기의 이웃 단말기의 수를 최대 3개로 설정하였다. 알고리즘에서 이웃 노드의 최대 수를 4개로 하지 않고 3개로 한정된 이유는 UFC에서 다른 프로그램들이 동시에 수행되는 경우를 고려하였기 때문이다. 따라서 부모 단말기가 없는 대표 단말기는 최대 3개의 자식 단말기를 가질 수 있으며, 대표 단말기가 아닌 단말기는 최대 2개의 자식 단말기를 가질 수 있다.

단말혼합 방법에서 기존의 방법[2]은 연결요청이 오면 자동으로 연결을 허락하거나, 단말기 사용자의 의지에 따라서 연결을 결정한다. 또는 [선택 알고리즘 1]과 같이 자원부족문제만을 고려하여 연결을 허락하거나 거절한다[3, 5]. 따라서 기존의 방법들은 회의의 형태가 미디어 지연 문제를 고려하지 않고 자유롭게 구성되며 이로 인하여 지연 문제가 발생할 수 있다. 본 논문에서 제안한 [선택 알고리즘 2]는 자원 부족 문제와 미디어 지연 문제를 동시에 고려하였다.

제안한 [연결 선택 알고리즘2]를 설명하면 다음과 같다. 알고리즘은 먼저 연결 요청을 받은 단말기 Ni가 회의 내 종단 노드인가, 부모노드인가를 검사한다. 첫 번째로, Ni가 자식 노드를 가지지 않는 종단노드라면 회의 내 부모 노드들의 이웃노드의 수를 검사한다. 만일, 회의 내 부모 노드들 중 하나라도 이웃노드의 수가 3개 미만인 부모노드 Pi가 있다면 연결요청을 거절하고 부모 노드 Pi를 소개한다. 회의 내 부모 노드들 모두가 이웃노드를 3개 이상 가지고 있다면 회의 내 모든 종단 노드들에 대하여 대표 노드로부터의 거리인 깊이를 검사한다. 회의 내 종단 단말기들 중 하나라도 요청받은 단말기 Ni보다 깊이가 적은 종단노드 Ti가 있다면 연결을 거절하고 종단 노드 Ti를 소개한다. 만일 Ni가 종단 노드이면서 위의 두 경우에 해당되지 않는다면 즉, 회의 내 부모 노드들 모두가 이웃노드를 3개 이상 가지고 있고 회의 내 종단 노드들이 단말기 Ni보다 깊이가 높다면 연결요청을 허락한다. 두 번째로, Ni가 자식 노드를 가지고 있는 부모노드라면 자신의 노드에 연결된 이웃노드의 수를 검사한다. 이웃노드의 수가 3개 미만이면 연결요청을 허락하고, 이웃노드의 수가 3개 이상이면 연결요청을 거절하고 연결이 가능한 노드를 소개한다. 가능한 노드를 소개하는 과정은 다음과 같다. 먼저 단말기 Ni를



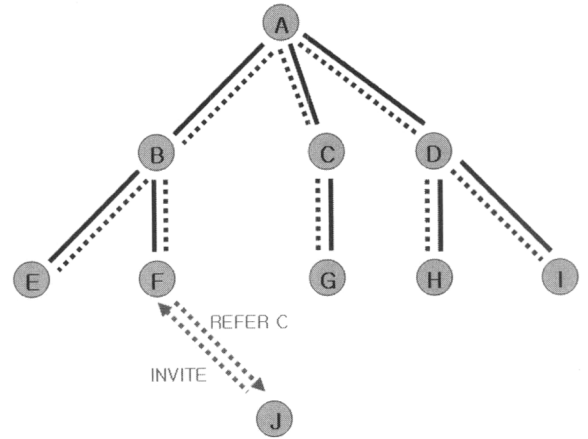
(그림 16) 미디어 지연 최소를 위한 최적 구성



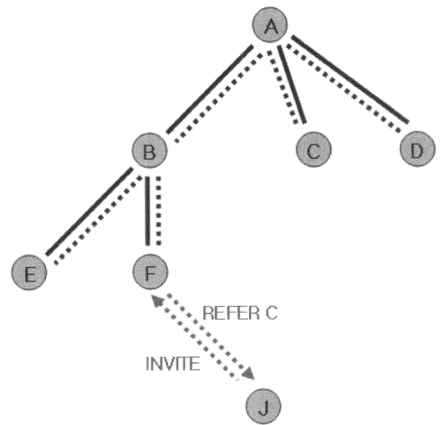
(그림 17) 단말기 자원 절약을 위한 최적 구성

제외한 회의 내 부모 노드들의 이웃노드의 수를 검사한다. 회의 내 부모 노드들 중 하나라도 이웃노드의 수가 3개 미만인 부모노드  $P_i$ 가 있다면 부모 노드  $P_i$ 를 소개한다. 이웃노드의 수가 3개 미만인 부모노드가 없다면 계층적 회의 내 모든 종단 노드들 중 깊이가 가장 낮은 노드의 소개한다.

알고리즘은 이웃 단말기의 수를 최대 3개로 한정하고 회의 내 노드사이의 최대 지연시간을 최소로 하기 위하여 트리의 모든 부모 단말기들에 연결된 자식단말기들의 수가 2개가 되면 트리의 깊이를 1 증가 하였다. 예를 들어, (그림 18)에 도시한 바와 같이 단말기 J가 단말기 F로 연결을 요청한 경우 단말기 F는 연결을 거절하고 이웃노드의 수가 3개 이하인 단말기 C를 소개한다. 또한 (그림 19)에 도시한 바와 같이 단말기 J가 단말기 F로 연결을 요청한 경우 단말기 F는 연결을 거절하고 깊이가 F보다 낮은 종단 단말기 C를 소개한다. 자원 부족현상을 해결하기 위하여 부모 단말기들에 연결된 자식단말기의 수가 최대이면 새로운 연결을 거절 한다. 예를 들어 (그림 20)에 도시한 바와 같이 단말기 J가 단말기 B로 연결을 요청한 경우 단말기 B는 연결을 거절하고 이웃노드의 수가 3개 이하인 단말기 C를 소개한다. 또한 (그림 21)에 도시한 바와 같이 단말기 J가 단말기 B로 연결을 요청한 경우 단말기 B는 연결을 거절하고 깊이가 가장 낮은 종단 단말기 C를 소개한다.



(그림 18) 미디어 지연 문제를 위한 연결 거절 예 1



(그림 19) 미디어 지연 문제를 위한 연결 거절 예 2

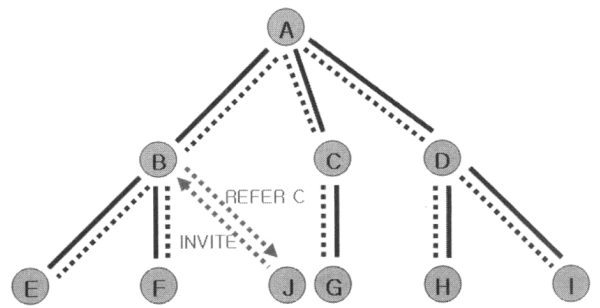
[ 연결요청을 받은 경우 기존의 선택 알고리즘 ]  
(자원 부족 문제만을 고려한 경우)

```
if 요청 받은 노드 Ni의 이웃 노드 수 < 3
then 연결 허락
else 연결 거절
```

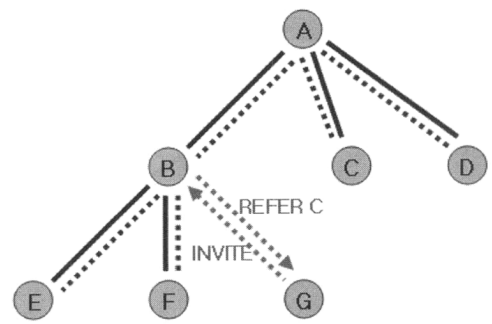
[ 연결요청을 받은 경우 제안한 선택 알고리즘 ]  
(자원 부족 문제와 미디어 지연 문제를 동시에 고려한 경우)

```
if 요청받은 노드 Ni가 종단노드 then
for 부모노드 Pi ∈ 계층적 회의 내 모든 부모 노드들
if 부모 노드 Pi의 이웃 노드 수 < 3
then 연결 거절 및 부모 노드 Pi의 소개, 알고리즘 탈출
for 종단노드 Ti ∈ Ni를 제외한 계층적 회의 내 모든 종단 노드들
if 요청받은 노드 Ni의 깊이 > 종단노드 Ti의 깊이
then 연결 거절 및 종단 노드 Ti의 소개, 알고리즘 탈출
연결 허락
```

```
else
if 요청 받은 노드 Ni의 이웃 노드 수 < 3
then 연결 허락
else 연결 거절 및
for 부모노드 Pi ∈ Ni를 제외한 계층적 회의 내 모든
부모 노드들
if 부모 노드 Pi의 이웃 노드 수 < 3
then 부모 노드 Pi의 소개, 알고리즘 탈출
계층적 회의 내 모든 종단 노드들 중 깊이가 가장 낮은
노드의 소개
```



(그림 20) 자원 부족 문제를 위한 연결 거절 예 1



(그림 21) 자원 부족 문제를 위한 연결 거절 예 2



자원 부족 문제와 미디어 지연 문제를 동시에 고려한 제안 알고리즘이 자원 부족 문제만을 고려한 기존 알고리즘보다 복잡도가 약간 높다. 그러나 SIP 전체의 복잡도와 비교하면 무시할 수준이다.

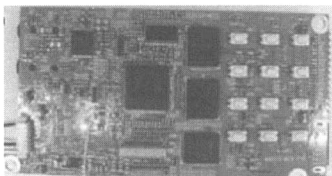
### 5. 분석 결과

본 논문에서 구현된 UFC VoIP는 (그림1)의 UFC 의복 플랫폼의 주 모듈에 구현되었으며 주 모듈의 외관 및 내부 회로 구성은 (그림 22)와 같다. 주 모듈의 중앙처리장치는 ARM9을 이용하였으면 리눅스를 운영체제로 사용하고 있으며, 무선랜, 블루투스, 지그비 통신을 지원한다[1].

UFC VoIP는 IETF 표준인 RFC 3261[6]에 따라 설계되고 구현되었으며, (그림 23)에 도시한 바와 같이 SIP부, SDP부[7,8], RTP/RTCP부[9], 음성처리부, 다지점 프로세서부, 다지점 제어부로 구성된다. SIP 헤더부는 SIP 메시지의 생성 및 분석을 수행하며, SDP부는 SDP 메시지의 생성, 분석, 미디어 능력 교환을 담당한다. RTP/RTCP부 및 음성처리부는 미디어의 실시간 전송을 담당한다. 다지점 프로세서는 최대 3곳으로 부터 수신된 음성 과 자신의 음성 입력을 선택적으로 혼합한 다음 최대 3곳으로 전송하는 역할을 하며, 다지점 제어기는 최대 3개의 SIP 호제어를 담당한다.



(a) 주 모듈의 외관



(b) 주 모듈의 내부 회로도

(그림 22) UFC 주 모듈

Multipoint Processor			Multipoint Controller	
Audio (G. 729, G. 723.1 G. 711)	Audio (G. 729, G. 723.1 G. 711)	Audio (G. 729, G. 723.1 G. 711)	SIP (RFC 3261)	
RTP/RTCP (RFC 3550)	RTP/RTCP (RFC 3550)	RTP/RTCP (RFC 3550)	SDP (RFC3264)	
TCP/IP				

(그림 23) UFC VoIP의 구성도

회의모델에 따른 전체 대역폭 사용량을 분석하면 다음과 같다. (그림 3)의 분산식을 이용한 회의 방법에서 총 10개의 단말기가 회의에 참여할 경우 미디어 송수신을 위하여 각각의 단말기에 필요한 연결 개수는 자신을 제외한 모든 단말기인 9개의 연결이 필요로 하며, 총 연결 개수는 45개이다. 단말기의 개수가 N개라고 가정한다면 총 연결 수는  $\sum_{k=2}^N (k-1)$ 개가 되며, 이 경우 단말기의 수가 증가할수록

총 연결 수는 급격히 상승하여 네트워크의 부하가 급격히 증가한다. (그림 2)의 집중식 방법에서는 미디어 송수신을 위하여 단말기는 회의서버와 1개의 연결을 가지며, 회의 서버는 모든 단말기와 연결을 가져야 하기 때문에 총 10개의 단말기가 회의에 참여할 경우 연결 수는 10이 된다. 집중식 방법에서 단말기의 개수가 N개라고 가정하면 회의서버가 단말기와 연결되는 연결 개수는 N 개가 된다. 단말 혼합 방식의 경우 혼합을 담당하지 않는 단말기의 경우 이웃노드와의 연결 수는 1개이며, 혼합을 담당하는 단말기의 경우 이웃 노드와의 연결 수는 최대 3개이다. 10개의 단말기가 회의에 참여하는 경우 (그림 24) (a),(b),(c),(d)에 도시한바와 같이 총 연결 수는 9개가 된다. 단말 혼합 방식의 경우 단말기의 개수가 N개일 경우 총 연결 개수는 (N-1)개가 된다. 이상 세 종류의 회의 방식을 비교하면 단말혼합 방법이 네트워크의 전체 대역폭을 감소시킬 수 있다는 것을 알 수 있다. <표 1>은 회의의 연결 개수 및 그에 따른 전체 대역폭 사용량을 각 회의 방식과 비교한 것이며, 연결에 사용된 미디어는 6.3kbps의 오디오 신호를 사용한 것이며, 양방향 12.6kbps의 대역폭이 필요하다.

<표 2>는 단말혼합 방식의 회의에서 노드 당 이웃노드의 수에 따른 최대전력사용 및 최대지연시간의 계산 예이다. 많은 대역폭은 많은 전력소모를 의미하며, 회의의 수가 많은 것은 지연시간이 많다는 것을 의미한다. 따라서 위의 결과를 전력사용량 및 지연시간의 관점에서 해석하면 다음과 같다. 노드 당 이웃노드의 수가 3개일 때, 이웃 노드가 4개일 때 보다는 회의 내 노드의 최대전력사용량이 줄어든 반면 회의 내 노드 간 최대지연시간이 길어짐을 알 수 있다. 또한, 노드 당 이웃노드의 수가 3개일 때, 이웃 노드가 2개일 때 보다는 회의 내 노드 간 최대지연시간이 적은 반면에 회의 내 노드의 최대전력사용량이 많아짐을 알 수 있다. 허용되는 최대지연시간 및 최대전력사용량을 기준으로 적절한 연결 구조를 선택해야 함을 알 수 있다.

제안된 알고리즘은 회의 내 노드사이의 최대 지연시간이 적게 되도록 제안되었으며, 다양한 실험결과 기존의 단말혼합 방법[2,3,5]과 비교하여 최대 지연시간이 최소화됨을 알 수 있었다. 예를 들어, 참가자가 10명인 경우 가능한 다자간 회의들을 (그림 24)에 도시 하였으며, 제안된 알고리즘은 항상 (a)의 형태로 회의를 구성한다. 반면에 기존의 방법은 다양하게 회의를 구성하며, (b), (c), (d)는 그 중의 한 예들이다. <표 3>은 (그림 22)의 (a)회의에 대한 각 참가자의 최대거리이다. 참가자의 최대거리는 참가자로부터

<표 1> 회의모델에 따른 전체 대역폭 사용량

참가자수		2	3	4	5	6	7	8	9	10
분산식	연결수(개)	1	3	6	10	15	21	28	36	45
	총대역폭(kbps)	12.6	37.8	75.6	126	189	264.6	352.8	453.6	567
집중식	연결수(개)	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	총대역폭(kbps)	25.2	37.8	50.4	63	75.6	88.2	100.8	113.4	126
단말 혼합	연결수(개)	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	총대역폭(kbps)	12.6	25.2	37.8	50.4	63	75.6	88.2	100.8	113.4

<표 2> 이웃노드의 수에 따른 최대대역폭 및 최대지연시간

참가자수		2	3	4	5	6	7	8	9	10
최대 이웃 노드 수 : 2	최대 대역폭(kbps)	12.6	25.2	25.2	25.2	25.2	25.2	25.2	25.2	25.2
	최대 hop수(개)	1	2	3	4	5	6	7	8	9
최대 이웃 노드 수 : 3	최대 대역폭(kbps)	12.6	25.2	37.8	37.8	37.8	37.8	37.8	37.8	37.8
	최대 hop수(개)	1	2	2	3	3	4	4	4	4
최대 이웃 노드 수 : 4	최대 대역폭(kbps)	12.6	25.2	37.8	50.4	50.4	50.4	50.4	50.4	50.4
	최대 hop수(개)	1	2	2	2	3	3	3	4	4

<표 3> (그림 24)의 (a)회의에 대한 각 참가자의 최대거리

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
최대 거리 (개)	2	3	3	3	4	4	4	4	4	4

<표 4> (그림 24)의 각 회의에 대한 최대거리

	(a)	(b)	(c)	(d)
최대 거리 (개)	4	5	6	5

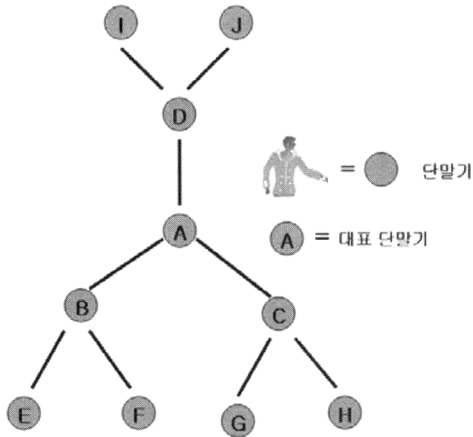
<표 5> (그림 24)의 각 회의에 대한 참가자 최대거리의 평균

	(a)	(b)	(c)	(d)
최대 거리 (개)	3.5	4.2	4.9	4.2

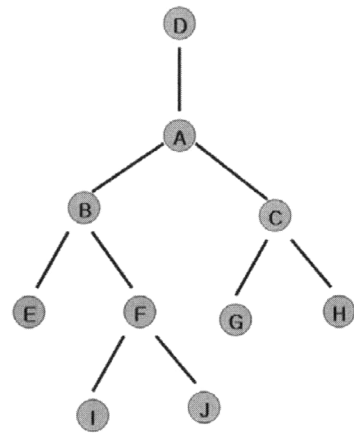
회의 내 임의의 참가자간의 거리들 중 최대값이며, 참가자 최대 거리의 평균은 회의에 참가한 모든 참가자의 최대 거리를 평균한 값이다. <표 3>으로부터 회의 (a)의 최대 거리는 4이며, 참가자 최대 거리의 평균은 3.5가 됨을 알 수 있다. 회의의 최대 거리는 회의에 참가한 모든 참가자의 최대거리들 중 최대값이다. <표 4>는 (그림 22)의 (a), (b), (c), (d) 각 회의에 대한 최대거리를 계산한 예이며, <표 5>는 (a), (b), (c), (d) 각 회의에 대한 참가자 최대거리의 평균을 계산한 예이며, 제안된 알고리즘이 최소가 됨

을 알 수 있다.

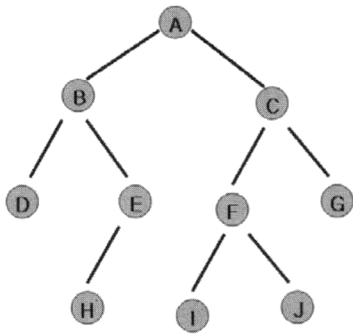
제안한 선택 알고리즘이 기존의 알고리즘에 비하여 최대 지연이 적음을 UFC 단말기 들을 이용한 실험에서 알 수 있었으나, 단말혼합을 이용하는 다양한 회의에서의 지연을 충분히 실험하기 위하여 모의실험을 하였다. 회의의 구성은 참가자 1명부터 30명까지 30개의 회의 모델로 하였다. 다양한 회의를 구성하기 위하여 각 회의 모델 당 50000개의 회의를 구성하였다. 각 회의를 구성하는 과정에서 새로운 노드는 회의 내 기존의 노드들 중 하나에게 랜덤하게 연결요청을 하고 연결요청을 받은 노드는 기존의 선택알고리즘 또는 제안한 선택알고리즘을 이용하여 회의를 확장하게 된다. 기존의 선택 알고리즘을 이용하여 1500000개의 회의를 구성하고 제안한 선택 알고리즘을 이용하여 1500000개의 회의를 구성하고 이들을 비교 하였다. (그림 23)은 회의 내 참가자수에 따른 최대거리를 도시하고 있으며, (그림 24)는 회의 내 참가자수에 따른 참가자 최대거리의 평균을 도시하고 있다. 모의 실험결과 참가자가 4명이상부터 회의 내 최대 거리 및 참가자 최대거리의 평균의 감소효과가 있음을 알 수 있으며, 제안 방법이 평균 27%의 참가자 최대거리의 평균의 감소효과가 있음을 알 수 있다. 따라서 제안 알고리즘이 단말혼합 방식의 다자간 회의에서 회의의 최대거리 및 참가자의 최대거리의 평균을 줄어뜨리게 하며, 이는 참가자들 간의 최대 지연시간이 줄어드는 효과가 있음을 알 수 있다.



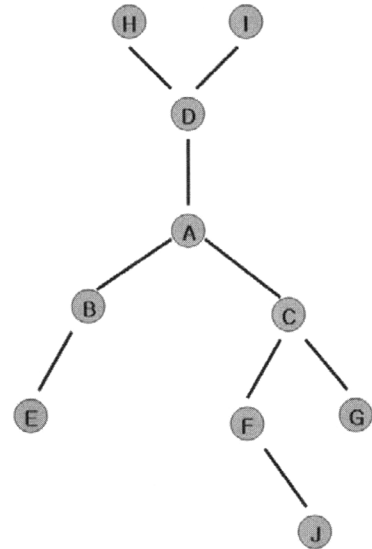
(a) 제안한 알고리즘에 의한 회의 구성



(b) 기존의 알고리즘에 의한 회의 구성

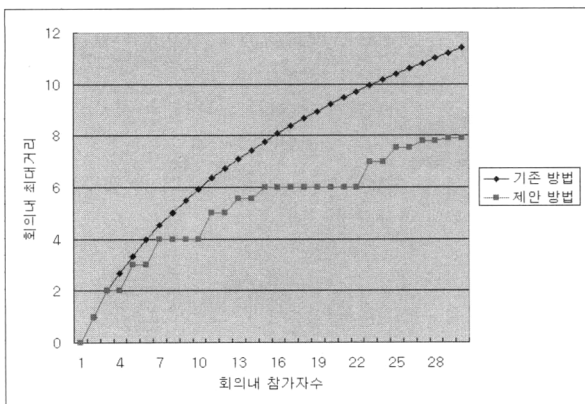


(c) 기존의 알고리즘에 의한 회의 구성

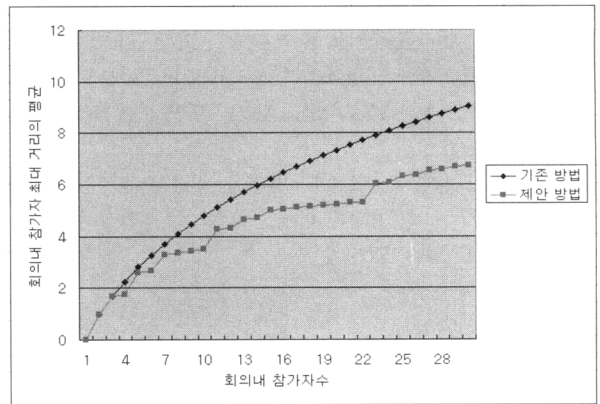


(d) 기존의 알고리즘에 의한 회의 구성

(그림 24) 참가자가 10명인 경우 가능한 다자간 회의들



(그림 25) 회의 내 참가자수에 따른 최대거리



(그림 26) 회의 내 참가자수에 따른 참가자 최대거리의 평균

## 6. 결 론

유비쿼터스 환경은 시간과 공간의 제약 없이, 언제 어떤 곳에서건 자신이 원하는 통신 및 컴퓨팅 서비스를 제공받을 수 있는 환경 구축을 목표로 한다. 이러한 유비쿼터스 환경에서 다자간 VoIP 기술은 유비쿼터스 환경에서의 다양한 서비스를 위한 기본 기술 중의 하나이다. 본 논문에서는 유비쿼터스 환경에서 효율적인 다자간 VoIP를 위하여 다양한 회의 모델들을 분석하고, 그들 중 단말혼합 방법이 왜 적절한가를 설명하였다. 단말 혼합 방법을 유비쿼터스 환경에 적용하는데 장점과 더불어 문제점도 있음을 알 수 있었으며, 이러한 문제점들을 해결하기 위한 방안들을 제시하였다. 이러한 문제점들의 해결을 통하여 유비쿼터스 환경에서의 다양한 회의 환경을 만들 수 있으며, 동시에 운용되는 계층적 다자간 회의의 AQoS (Application QoS)의 개선에 도움을 줄 수 있다. 다자간 VoIP 서비스를 이용하면 다양한 응용서비스들의 작업 능률을 크게 향상시키고, 유비쿼터스 단말기 사용자의 생활을 더욱 편리하게 할 수 있다. 이러한 다자간 VoIP 서비스는 유비쿼터스 응용 서비스의 확대를 위하여 체계적으로 연구되어야 할 중요한 분야의 하나이다.

## 참 고 문 헌

[1] Kyu Ho Park, Seung Ho Lim, Dae Yeon Park, "UFC: A Ubiquitous Fashionable Computer," Next Generation PC 2005 International Conference, pp.142-147, 2005.

[2] J. Rosenberg, A Framework for Conferencing with the Session Initiation Protocol, Draft-ietf-sipping-conferencing-framework-05, 2005.

[3] Sung-min Lee, Ki-yong Kim, Hyun-woo Lee, Pyung-su Kim, Dong-su Seong, and Keon-bae Lee, "Multipoint MoIP in Ubiquitous Fashionable Computer," 21th ITC-CSCC, 2006.

[4] M. Irie, K. Hyoudou and Y. Nakayama, "Tree-Based Mixing: A New Communication Model For Voice over IP Conferencing Systems", Proceeding of the 9th IASTED International Conference INTERNET AND MULTIMEDIA SYSTEMS AND APPLICATIONS, pp 353-358, 2005.

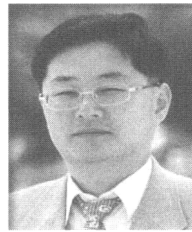
[5] 이성민, 이견배, "단말혼합 방법을 이용한 다자간 VoIP의 설계 및 구현", 멀티미디어 학회 논문집, 제 10 권, 3호, pp.335-347, 2006.

[6] J. Rosenberg, H. Schulzrinne, et al, "SIP : Session Initiation Protocol," IETF, RFC 3261, 2002.

[7] M. Handley and V. Jacobson, "SDP: Session Description Protocol," IETF, RFC 2327, 1998.

[8] J. Rosenberg and H. Schulzrinne, "An Offer/Answer Model with Session Description Protocol," IETF, RFC 3264, 2002.

[9] H. Schulzrinne, S. Casner, R. Frederick, and V. Jacobson, "RTP: A Transport Protocol for Real-Time Applications," IETF, RFC 3550, 2003.



### 성 동 수

e-mail : dssung@kyonggi.ac.kr

1987년 한양대학교 전자공학과  
졸업(공학사)

1989년 한국과학기술원 전기 및  
전자공학과 졸업(공학석사)

1992년 한국과학기술원 전기 및  
전자공학과 졸업(공학박사)

2002년~2003년 University of Washington 방문연구교수  
1993년~현 재 경기대학교 전자공학부 전자공학전공 교수  
관심분야: MoIP, 멀티미디어통신, 임베디드시스템



### 이 성 민

e-mail : forsungmin@kyonggi.ac.kr

2003년 경기대학교 전자공학과  
졸업(공학사)

2006년 경기대학교 대학원 전자공학과  
졸업(공학석사)

2006년~현 재 경기대학교 대학원

전자공학과 박사과정

관심분야: VoIP, 임베디드시스템